

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 661 663**

51 Int. Cl.:

C10L 3/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.09.2014 PCT/EP2014/069866**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.03.2015 WO15040100**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.09.2014 E 14771844 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.12.2017 EP 3046657**

54 Título: **Proceso y sistema de biofiltro para la eliminación de H₂S de una corriente gaseosa de producción de energía contaminada con H₂S que contiene metano y uso de dicho sistema de biofiltro**

30 Prioridad:

18.09.2013 NO 20131255

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

03.04.2018

73 Titular/es:

**YARA INTERNATIONAL ASA (100.0%)
P.O. Box 343 Skøyen
0213 Oslo, NO**

72 Inventor/es:

**ETTL, MARINA;
FRANKE, WOLFRAM y
VAN BORM, WERNER**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 661 663 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Proceso y sistema de biofiltro para la eliminación de H₂S de una corriente gaseosa de producción de energía contaminada con H₂S que contiene metano y uso de dicho sistema de biofiltro

5

Campo de la invención

La invención se refiere a un proceso de eliminación de H₂S (sulfuro de hidrógeno) de una corriente gaseosa de producción de energía contaminada con H₂S que contiene metano, usando un sistema de biofiltro acuoso que comprende un biofiltro que tiene un material de soporte para biofiltros que constituye un lecho de biofiltro que soporta una biopelícula que tiene microorganismos que son capaces de oxidar H₂S. El proceso comprende las etapas que consisten en la puesta en contacto de la corriente gaseosa de producción de energía contaminada con H₂S con los microorganismos y la oxidación de al menos parte del H₂S en la corriente gaseosa de producción de energía contaminada con H₂S por los microorganismos, lo que resulta en una corriente gaseosa de producción de energía agotada en H₂S.

10

15

Ejemplos de tales gases de producción de energía contaminada con H₂S que contienen metano son biogás, gas natural o gas de esquisto, siendo, estos ejemplos, sin embargo, no limitativos.

20

El biogás es una mezcla de gases que se produce por la descomposición biológica de una materia orgánica en ausencia de oxígeno. El biogás se produce por la digestión anaeróbica o la fermentación de un material biodegradable, tal como biosólidos, abonos, aguas residuales, residuos municipales, residuos verdes, material vegetal y cultivos energéticos. El biogás está comprendido principalmente de metano y dióxido de carbono.

25

El gas natural es una mezcla de gases de hidrocarburos de origen natural que consiste principalmente en metano. Incluye además habitualmente cantidades variables de otros alcanos superiores y menores porcentajes de dióxido de carbono, nitrógeno y sulfuro de hidrógeno.

30

El gas de esquisto es un gas natural que puede encontrarse atrapado dentro de las formaciones de esquisto. El gas de esquisto se extrae de rocas sedimentarias de grano fino conocidas como esquistos que pueden ser fuentes ricas de petróleo y gas natural. Este gas es atrapado dentro de formaciones de esquisto que se extraen por procesos orientados a la tecnología.

35

Cuando los sistemas de biofiltros se aplican como sistemas de tratamiento de corrientes de aire u otros sistemas de tratamiento de corrientes gaseosas, estos sistemas de biofiltro usan microorganismos para eliminar las impurezas o contaminantes en la corriente de aire o gas. En un sistema de biofiltro típico, se insta a una corriente de aire o gas a fluir a través de un lecho de biofiltro húmedo, biológicamente activo, envasado que consiste en un material de soporte para biofiltros que contiene microorganismos que se inmovilizan en el material de soporte para biofiltros y forman una biopelícula en el material de soporte para biofiltros.

40

45

El proceso que subyace en la operación del biofiltro es un proceso de tres etapas. En una primera etapa, se produce una transferencia de fases en la que las impurezas en la corriente de aire/gas, tal como H₂S, se transfieren de la fase gaseosa a la fase líquida, es decir, a la solución acuosa usada para humidificar la biopelícula. Esta primera etapa es seguida de una segunda etapa de adsorción en la que, una vez en la fase líquida, las impurezas son absorbidas en el material de soporte para biofiltros del lecho de biofiltro. Por último, en una etapa de biodegradación, las impurezas se biodegradan por los microorganismos de la biopelícula.

50

La invención se refiere además a un sistema de biofiltro acuoso dispuesto para eliminar H₂S de una corriente gaseosa de producción de energía contaminada con H₂S que contiene metano. El sistema de biofiltro acuoso comprende un biofiltro que tiene un material de soporte para biofiltros que constituye un lecho de biofiltro que soporta una biopelícula que tiene microorganismos capaces de oxidar H₂S, estando la biopelícula dispuesta para ponerse en contacto con la corriente gaseosa de producción de energía y estando los microorganismos dispuestos para eliminar al menos parte del H₂S de la corriente gaseosa de producción de energía resultante de una corriente gaseosa de producción de energía agotada en H₂S.

55

La invención también se refiere al uso de un sistema de biofiltro acuoso de acuerdo con la invención para la eliminación de H₂S de una corriente gaseosa de producción de energía contaminada con H₂S que contiene metano.

60

Antecedentes de la invención

Dado que el gas de producción de energía tal como biogás se produce con el fin de uso energético, la calidad del gas debe cumplir con los requisitos técnicos de los motores de combustión. Las impurezas (o contaminantes), tales como H₂S se encuentran en concentraciones comprendidas entre 1.000 a 10.000 ppm, mientras que los sistemas de combustión requieren normalmente concentraciones inferiores a 200 ppm de H₂S.

65

Las tecnologías más comunes para eliminar H₂S del biogás son procesos que están aguas abajo de la etapa de producción. Se usan a menudo procesos físico-químicos como la oxidación húmeda de gases. Sin embargo, éstos tienen una alta inversión y costes operativos.

5 Los procesos biológicos de tratamiento de gases se basan en la digestión microbiana de contaminantes en el gas biológico. Sistemas establecidos para este fin son biolavadores, filtros biopercoladores y biofiltros. En general, la biofiltración usa microorganismos de origen natural para descomponer biológicamente olores, disolventes y otros COVs (compuestos orgánicos volátiles) presentes en corrientes de aire, tales como corrientes de aire residual o
10 corrientes gaseosas, tales como corrientes gaseosas de producción de energía, en dióxido de carbono y agua residual. Es un proceso completamente natural que no usa productos químicos ni produce residuos. La biofiltración es una forma fiable y rentable para eliminar olores, COVs y H₂S en las fábricas, instalaciones municipales y procesadoras. Los microorganismos que residen en la superficie de los medios de soporte para biofiltros que forman una biopelícula usan los contaminantes como fuente de suministro. Una corriente de gas de aire limpio se descarga entonces al medio ambiente. Los sistemas de biofiltración necesitan ser ejecutados sin fuertes variaciones en el
15 volumen de gas y contaminantes a medida que la comunidad microbiana reacciona lentamente ante los cambios y tiene que ser equilibrada.

El uso de sistemas de biofiltros en la eliminación de contaminantes tales como, entre otros, H₂S de las corrientes de aire y gas ya se conoce desde hace tiempo. En el documento US 4.086.167, por ejemplo, ya con fecha de 1978, se
20 desvela un biofiltro para el tratamiento de aguas residuales y gases, que comprende un lecho de un residuo de corteza de coníferas que contiene microorganismos.

Desde ese momento, la tecnología de biofiltración se ha desarrollado de acuerdo con la directriz VDI 3477 que describe las normas de hoy en día. Los últimos avances en la tecnología de biofiltración, han sido, entre otros, resumidos en el libro titulado "*Air pollution prevention and control: bioreactors and bioenergy*", editado por Christian
25 Kennes y Maria C. Veiga, publicado en 2013 por John Wiley & Sons, Ltd.

Z. Shareefdeen y A. Singh (Ed.) "*Biotechnology for Odor Air Pollution Control*", Springer-Verlag (2005) han proporcionado en la Tabla 8.2, página 171, una visión general y comparación de las diferentes tecnologías para el
30 tratamiento de gases residuales. Son tres procesos diferentes en los que la presente invención es del tipo biofiltro que es un proceso en "seco". Los filtros biopercoladores son operados con una humedad a través de una biopelícula y en un proceso biolavador, la biopelícula se sumerge en el líquido.

Tabla 8.2. Comparación de tecnologías principales para el tratamiento de gases residuales

Características	Biofiltro	Filtro biopercolador	Biolavador
Diseño del reactor	Reactor único	Reactor único	Dos reactores
Costo de capital y operativo	Bajo	Comparativamente superior	Comparativamente superior
Vehículo	Orgánico o sintético	Sintético	Sin vehículo
Área	Gran área requerida	Equipo compacto	Volumen menor de equipo
Fase móvil	Gas	Líquido	Líquido
Superficie	Alta	Baja	Baja
Control del proceso	Control del proceso limitado	Control del proceso limitado	Buen control del proceso
Caudal del gas	100-150m ³ m-2h-1		3.000-4.000 m ³ m-2h-1
Operación	Fácil inicio y operación	Procedimiento de inicio relativamente complicado	Procedimiento de inicio relativamente complicado
Estabilidad operacional	Canalización de flujo de aire común	La canalización de agua es común	Alta estabilidad operacional
Caída de presión	Media a alta	Media a alta	Baja
Conc. compuesto diana	< 1 gm-3	< 0,5 gm-3	< 5 gm-3
Adecuado para compuestos con coeficiente de Henry	< 1	< 0,1	< 0,01
Nutrientes	No puede añadirse nutrientes	Capacidad de añadir y controlar nutrientes	Capacidad de añadir y controlar nutrientes
Biomasa	Biomasa fija	Biomasa fija	Biomasa en suspensión
Obstrucción del envase	Problema de obstrucción	Problema de obstrucción	Sin problema de obstrucción
Exceso de lodo	Sin tales problemas	Desecho del exceso de lodo requerido	Desecho del exceso de lodo requerido

Tecnología del biolavador
171

35 Además, varios documentos de patente más recientes describen el uso de sistemas de biofiltro en la eliminación de contaminantes de corrientes de aire y gas, más específicamente en la eliminación de H₂S, y más específicamente en la eliminación de corrientes gaseosas de producción de energía contaminadas por H₂S que contienen metano.

En el documento WO 2005/037403, por ejemplo, se desvela un medio de biofiltro que incluye granos que tienen un núcleo hidrófilo y un revestimiento hidrófobo que incluyen microorganismos y un agente metálico que participa en la descomposición de, entre otros, H₂S. Los medios de biofiltro se alojan en un sistema de biofiltro que incluye elementos para la irrigación y la humidificación de la corriente de aire de los medios de biofiltro por vapor o pulverización para asegurar que los medios de biofiltro se operen a niveles de temperatura y humedad apropiados para evitar la acumulación de biomasa o depósitos químicos. Los nutrientes requeridos para la viabilidad de microorganismos están presentes en el recubrimiento hidrófobo, preferentemente como una combinación de elementos traza. La desventaja del sistema como se desvela en el documento WO 2005/037403 para proporcionar los nutrientes necesarios para la viabilidad de los microorganismos en el revestimiento hidrófobo es que los nutrientes no se renuevan una vez que los nutrientes como presentes en el revestimiento hidrófobo se han agotado.

En el documento WO 2005/005605, se desvela un sistema de eliminación de H₂S de metano (CH₄) que usa microorganismos aeróbicos para eliminar el sulfuro de hidrógeno de la corriente gaseosa y oxidarlo de nuevo a sulfato, que luego se combinará con agua para formar ácido sulfúrico. El sistema incluye proporcionar al menos un cartucho para biofiltros que funciona para mantener la actividad microbiana que funcionará para consumir H₂S contenido en una corriente de gas metano.

El documento EP0845288 describe un proceso de eliminación de sulfuros de una corriente gaseosa por lavado del gas con un líquido de lavado acuoso y tratamiento del líquido de lavado con una bacteria que oxida sulfuro en presencia de un aceptor de electrones y reutiliza el líquido tratado como un líquido de lavado, en el que el lavado y el tratamiento bacteriano se llevan a cabo en el mismo reactor y se usa nitrato como el aceptor de electrones. El proceso es especialmente útil para la desulfuración del gas natural a alta presión.

Dado que los microorganismos aeróbicos necesitan que un aceptor de electrones sea capaz de oxidar H₂S, y en una corriente de gas metano, tales aceptores de electrones no están presentes en cantidades suficientes, el aire tiene que ser inyectado en el cartucho para biofiltros como se ha descrito anteriormente con el fin de proporcionar oxígeno para ser utilizado como el aceptor de electrones. A medida que se inyecta aire, también se introduce una abundante cantidad de nitrógeno en la corriente gaseosa, es decir, aproximadamente 78 %, al diluir el gas metano y alterar la calidad del mismo.

Asimismo en el documento US 2012/0264197, se desvela un proceso de eliminación de sulfuro de hidrógeno de una corriente de gas natural crudo, tal como el biogás de los vertederos o la digestión anaeróbica controlada mediante el uso de oxígeno, habitualmente en forma de aire, para eliminar el H₂S de la corriente de gas natural crudo. Con el fin de resolver el problema antes mencionado, la corriente de gas natural se hace pasar por una unidad de separación para formar, por una parte, una corriente de productos que comprende una alta concentración de metano y, por otra parte, un gas de cola a baja presión que contiene H₂S que se pasa por un biofiltro que incluye bacterias que degradan el H₂S a compuestos de azufre y sulfato que se lavan en el biofiltro.

Tal proceso requiere sin embargo un equipo más costoso.

Por lo tanto, existe la necesidad de proporcionar una manera simple y rentable pero al mismo tiempo una manera eficiente para eliminar H₂S de una corriente gaseosa de producción de energía contaminada con H₂S que contiene metano usando un sistema de biofiltro, manteniendo además la calidad de la corriente gaseosa de producción de energía tratada (agotada en H₂S).

Sumario de la invención

De acuerdo con un primer aspecto de la invención, se proporciona el proceso de la reivindicación 1 para eliminar H₂S de una corriente gaseosa de producción de energía contaminada con H₂S que contiene metano, usando un sistema de biofiltro acuoso, que comprende una biopelícula que tiene un material de soporte para biofiltros que constituye un lecho de biofiltro y que soporta una biopelícula humidificada que tiene microorganismos que son capaces de oxidar H₂S, en el que el proceso comprende las etapas que consiste en

- la puesta en contacto de la corriente gaseosa de producción de energía contaminada con H₂S con los microorganismos de la biopelícula humidificada, y
- la oxidación de al menos parte del H₂S en la corriente gaseosa de producción de energía contaminada con H₂S por los microorganismos, lo que resulta en una corriente gaseosa de producción de energía agotada en H₂S.

en el que el proceso comprende además las etapas que consisten en la adición de una solución acuosa de nitrato a la corriente gaseosa de producción de energía contaminada con H₂S antes de la puesta en contacto con los microorganismos, lo que permite a los microorganismos oxidar el H₂S en condiciones anóxicas.

El término "anóxico" significa "casi en ausencia de, o en presencia de una cantidad muy baja de oxígeno", de modo que el potencial de reducción de oxidación de la reacción subsiguiente oscila entre 800 mV y -200 mV, preferentemente es de aproximadamente 400 mV.

Para una oxidación anóxica de H₂S, se requieren aproximadamente 2 g de NO₃⁻ para oxidar 1 g de H₂S de acuerdo con la siguiente reacción química:



5 El proceso de una única etapa antes mencionada que usa un sistema de biofiltro proporciona una manera simple y rentable para obtener una corriente gaseosa de producción de energía agotada en H₂S. Es más, mediante la oxidación del H₂S en condiciones anóxicas, el caudal afluente de nitrógeno en el sistema de biofiltro es limitado, a través del cual se mantiene la calidad de la corriente gaseosa de producción de energía después del tratamiento con el biofiltro.

15 En el material de soporte para biofiltros, los microorganismos generan agentes inertes, así como otras sustancias, azufre es decir, azufre principalmente elemental, sales de sulfato insolubles, formadas por los microorganismos por la oxidación anóxica de H₂S, tales como compuestos de sulfato de calcio y/o de azufre orgánicos que se precipitan en el material de soporte para biofiltros. Con el fin de prevenir la obstrucción de estos agentes de precipitación inertes y otras sustancias, la solución de nitrato comprende un agente quelante.

20 Para la prevención de la obstrucción de la precipitación de sulfato de calcio, este agente quelante comprende preferentemente ácido etilendiaminotetraacético (EDTA).

La solución de nitrato que se usa para permitir que los microorganismos oxiden anóxicamente H₂S comprende preferentemente una solución de nitrato de calcio.

25 El proceso comprende la etapa que consiste en la recirculación de parte de la corriente gaseosa de energía agotada en H₂S al biofiltro y la adición a la corriente gaseosa de producción de energía recirculada de una solución nutritiva y/o de nitrato antes de ponerse en contacto con los microorganismos de la biopelícula.

30 Esta recirculación es beneficiosa para el sistema de biofiltro ya que la corriente gaseosa de energía agotada en H₂S, una vez pasada por el material de soporte para biofiltros, contiene microorganismos, procedentes de la biopelícula, y como consecuencia de la recirculación, estos microorganismos también se reintroducirán en el orificio de entrada del sistema de biofiltro. Esto aumenta la actividad de oxidación de los microorganismos en el área de entrada del sistema de biofiltro, lo que no sería el caso en el caso de ausencia de recirculación.

35 En una realización más ventajosa de un proceso de acuerdo con la invención, el proceso comprende la etapa que consiste en ajustar automáticamente la dosificación de la solución nutritiva, añadida a la corriente gaseosa de producción de energía contaminada con H₂S, en relación con el contenido de H₂S en la corriente gaseosa de producción de energía contaminada con H₂S en un orificio de entrada del sistema de biofiltro.

40 La biopelícula se humidifica por medio de la corriente gaseosa de producción de energía que ha sido pre-humidificada antes de ponerse en contacto con la biopelícula.

45 De acuerdo con un aspecto adicional de la invención, se proporciona un sistema de biofiltro acuoso de la reivindicación 6 que se dispone para eliminar H₂S de una corriente gaseosa de producción de energía contaminada con H₂S que contiene metano, el sistema de biofiltro acuoso comprende un biofiltro que tiene un material de soporte para biofiltros que constituye un lecho de biofiltro y que soporta una biopelícula que tiene microorganismos capaces de oxidar H₂S, estando dispuesta la biopelícula para ponerse en contacto con la corriente gaseosa de producción de energía contaminada con H₂S y estando dispuestos los microorganismos para eliminar al menos parte del H₂S de la corriente gaseosa de producción de energía contaminada con H₂S, resultando en una corriente gaseosa de producción de energía agotada en H₂S, en el que el sistema de biofiltro acuoso comprende medios para la adición de una solución acuosa de nitrato a la corriente gaseosa de producción de energía contaminada con H₂S antes de ponerse en contacto con los microorganismos de la biopelícula, permitiendo a los microorganismos oxidar el H₂S en condiciones anóxicas. Los medios para la adición de una solución acuosa de nitrato a la corriente gaseosa de producción de energía contaminada con H₂S comprenden una boquilla de atomización adaptada para atomizar la solución nutritiva y/o de nitrato en la corriente gaseosa de producción de energía.

55 Parte de la corriente gaseosa de producción de energía contaminada con H₂S se recircula, y una boquilla de atomización se usa para atomizar la solución nutritiva y/o de nitrato. Esta recirculación asegurará que la atomización de la solución nutritiva y/o de nitrato en la corriente gaseosa de producción de energía produce un tamaño de gota muy fina. Los inyectores hidráulicos puros pueden por ejemplo no proporcionar tales aerosoles finos. De esta manera, debido a que la solución nutritiva y/o de nitrato se aplican como finas gotas en la corriente gaseosa de producción de energía, la solución nutritiva y/o de nitrato llegará a los microorganismos de la biopelícula de manera uniforme. Además, la suciedad y la sobre-humectación de la biopelícula se evitan de esta manera. En los sistemas convencionales conocidos, las soluciones no se pulverizan uniformemente sobre la biopelícula ya que estas soluciones sólo se pulverizan desde algunos puntos en el biofiltro por encima del lecho de biofiltro sobre la biopelícula.

En una realización ventajosa de un sistema de biofiltro acuoso de acuerdo con la invención, el sistema de biofiltro comprende un controlador que está dispuesto

- 5 • para medir el contenido de H₂S en la corriente gaseosa de producción de energía contaminada con H₂S presente en el estado operativo del sistema de biofiltro en el orificio de entrada del biofiltro,
- para calcular la demanda nutricional de los microorganismos, y
- para ajustar la relación de dosificación nutricional de una fuente de carbono, una fuente de nitrógeno y una fuente de fósforo de la solución nutritiva que es igual a 100:10:1.

10 En una realización, el controlador puede estar dispuesto para adaptar simultáneamente la dosificación de la fuente de nitrógeno y de la fuente de fósforo en la solución nutritiva.

En otra realización, el controlador puede estar dispuesto para adaptar la dosificación de la fuente de nitrógeno y de la fuente de fósforo en la solución nutritiva por separado.

15 El controlador está preferentemente dispuesto, además, para calcular una demanda de recirculación de la parte de la corriente gaseosa de energía agotada en H₂S y para ajustar la recirculación de la parte de la corriente gaseosa de energía agotada en H₂S en vista de la demanda de la solución nutritiva.

20 El controlador también está dispuesto además, preferentemente, para dosificar la solución nutritiva de forma automática en función del contenido de H₂S en la corriente gaseosa de energía contaminada con H₂S que se mide en el orificio de entrada de acuerdo con una relación entre el contenido de H₂S en la corriente gaseosa de energía, el contenido de nitrógeno y el contenido de fósforo en la solución nutritiva que es igual a 20:10:1.

25 De acuerdo con otro aspecto de la invención, se desvela el uso de un sistema de biofiltro acuoso de acuerdo con la invención como se ha descrito anteriormente para la eliminación de H₂S de una corriente gaseosa de producción de energía contaminada con H₂S que contiene metano.

Breve descripción de las figuras

30 La Fig. 1 muestra un esquema de las diferentes partes de una realización a modo de ejemplo de un sistema de biofiltro acuoso de acuerdo con la invención.

Descripción detallada de la invención

35 El proceso de acuerdo con la invención para la eliminación de H₂S de una corriente gaseosa de producción de energía contaminada con H₂S que contiene metano, usa un sistema de biofiltro acuoso que comprende un biofiltro que tiene un material de soporte para biofiltros que constituye un lecho de biofiltro que soporta una biopelícula humidificada. Esta biopelícula humidificada tiene microorganismos que son capaces de oxidar anóxicamente H₂S.

40 Se destaca en la presente que el tipo o configuración exacto del material de soporte para biofiltros, ni el tipo de microorganismos, ni el tipo exacto de material de soporte para biofiltros, ni la configuración del lecho de biofiltro usado es crítico para esta invención, siempre que el biofiltro sea capaz de oxidar el H₂S en la corriente gaseosa de producción de energía en condiciones anóxicas, resultando en una corriente gaseosa de producción de energía agotada en H₂S.

50 Una variedad de materiales puede usarse como material de soporte para biofiltros que incluye turba, material orgánico, tierra, carbón activado, polímeros sintéticos, hidrogeles sintéticos y rocas porosas. El material de soporte para biofiltros puede además adoptar una variedad de formas tales como pastillas cilíndricas, esferas, anillos Raschig, formas irregulares, tubos huecos o fibras. El material de soporte para biofiltros debe ser humectable con una solución acuosa y las superficies del material de soporte son preferentemente porosas. El material de soporte ha de ser tal que los microorganismos se adhieran al mismo.

55 La humidificación de la biopelícula es necesaria debido a que el contenido de humedad de la biopelícula desempeña un papel importante en la eficacia de eliminación de H₂S. Es común el uso de agua para humedecer la biopelícula.

El proceso de acuerdo con la invención comprende las etapas que consisten en

- 60 - la adición de una solución acuosa de nitrato a la corriente gaseosa de producción de energía contaminada con H₂S;
- la puesta en contacto de la corriente gaseosa de producción de energía contaminada con H₂S con los microorganismos de la biopelícula humidificada;
- la oxidación anóxica de al menos parte de H₂S presente en la corriente gaseosa de producción de energía contaminada con H₂S por los microorganismos usando la solución acuosa de nitrato añadida a la corriente gaseosa de producción de energía contaminada con H₂S antes de ponerse en contacto con los microorganismos de la biopelícula. De esta manera, después de haber pasado la corriente de producción de energía contaminada

con H₂S por el sistema de biofiltro, se obtiene una corriente gaseosa de producción de energía agotada en H₂S, es decir, una corriente gaseosa de producción de energía de la cual se ha eliminado la mayor parte de H₂S, preferentemente cumpliendo con los requisitos técnicos de los motores de combustión como se ha descrito anteriormente.

5 Se puede usar cualquier tipo de microorganismos, p. ej., bacterias, que sean capaces de oxidar H₂S presente en la corriente gaseosa de producción de energía contaminada con H₂S en condiciones anóxicas. Tal norma y microorganismos usados comúnmente en los sistemas de biofiltros son conocidos por el experto en la materia y no serán enumerados y descritos con más detalle en este caso.

10 El lecho de biofiltro puede adaptarse a cada forma que sea conocida por el experto, tal como un lecho plano, lecho percolador, lecho de columna, lecho tubular, etc.

15 La solución de nitrato comprende preferentemente una solución de nitrato de calcio con el fin de permitir que los microorganismos oxiden anóxicamente el H₂S. La concentración de la solución de nitrato es preferentemente 45 % en peso a 50 % en peso.

20 Con el fin de evitar la obstrucción de los agentes de precipitación inertes y otras sustancias formadas por la oxidación anóxica de H₂S por los microorganismos, la solución de nitrato comprende un agente quelante. Para evitar, por ejemplo, la precipitación de sulfato de calcio (yeso), es utilizable ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) para solubilizar sulfato de calcio y otras sustancias que podrían precipitarse durante el proceso.

25 La solución nutritiva de los microorganismos se añade preferentemente a la corriente gaseosa de producción de energía, antes de ponerse en contacto con los microorganismos en la biopelícula, a través de la cual los nutrientes están disponibles para los microorganismos en el momento en que la corriente gaseosa de producción de energía, que incluye la solución nutritiva pase por la biopelícula. A tal fin, parte de la corriente gaseosa de producción de energía agotada en H₂S se recircula al biofiltro, junto con la solución nutritiva y/o de nitrato que se añade al mismo. La solución nutritiva y/o de nitrato, junto con la parte recirculada de la corriente gaseosa de producción de energía agotada en H₂S, se inyectan al biofiltro usando una tobera de atomización.

30 La relación de dosificación nutricional de la solución nutritiva se ajusta preferentemente de manera automática mediante la medición del contenido de H₂S en la corriente gaseosa de producción de energía contaminada con H₂S en el orificio de entrada del biofiltro usando un controlador. El controlador calcula entonces la demanda nutricional de los microorganismos y ajusta la relación de dosificación nutricional de una fuente de carbono (C), un átomo de nitrógeno (N) y una fuente de fósforo (P) en la solución nutritiva preferentemente de acuerdo con la relación 100:10:1. Con el fin de optimizar el funcionamiento del sistema de biofiltro, esta relación es preferentemente ajustable por medio del controlador, lo que resulta en un mejor rendimiento del sistema de biofiltro y una menor demanda de productos químicos.

40 La demanda necesaria de la fuente de nitrógeno y de la fuente de fósforo en la solución nutritiva con respecto a la cantidad de H₂S en la corriente gaseosa de producción de energía contaminada con H₂S se aplica preferentemente de acuerdo con la relación H₂S:N:P = 20:10:1. El controlador puede disponerse para adaptar la dosificación de la fuente de nitrógeno y de la fuente de fósforo en la solución nutritiva de forma simultánea, pero también puede disponerse para adaptar la dosificación de la fuente de nitrógeno y de la fuente de fósforo en la solución nutritiva por separado.

50 La invención se ilustra en la presente con el esquema como se muestra en la figura 1 que ilustra una realización a modo de ejemplo no limitativo de un sistema de biofiltro acuoso (10) para la eliminación de H₂S de una corriente gaseosa de producción de energía contaminada con H₂S cruda que contiene metano de acuerdo con la invención.

55 La corriente gaseosa de producción de energía contaminada con H₂S (1) cruda no tratada se inyecta por medio de una boquilla de atomización (no mostrada en la figura) a través de una unión (9) en un biofiltro (6). Este biofiltro (6) comprende un lecho de biofiltro que consiste en un material de soporte para biofiltros que soporta una biopelícula con microorganismos que están dispuestos para oxidar anóxicamente el H₂S presente en la corriente gaseosa de producción de energía contaminada con H₂S (1) (como se ha descrito anteriormente). Al final del biofiltro (6), se obtiene una corriente de producción de energía (limpia) agotada en H₂S. Esta corriente gaseosa de producción de energía agotada en H₂S se pasa a través de un separador (11). La mayor parte de esta corriente gaseosa de producción de energía agotada en H₂S se realiza para usarse como gas de producción de energía. Una pequeña parte de esta corriente gaseosa de producción de energía agotada en H₂S se recircula al biofiltro (6) para inyectarse por la boquilla de atomización en la unión (9) en el biofiltro (6) junto con una solución nutritiva y/o una solución de nitrato que se usa para oxidar anóxicamente el H₂S en la corriente gaseosa de producción de energía contaminada con H₂S.

65 La solución de nutrientes es preferentemente una solución de N/P que se almacena en un tanque (12) de solución nutritiva y que se aplica en una dosis predeterminada usando una bomba (4) de dosificación de nutrientes. La corriente gaseosa de producción de energía agotada en H₂S recirculada se lleva desde el separador (11) al inyector

(8) usando una bomba de gas (7).

En (13), se miden la temperatura, el contenido de H_2S , el flujo y la presión del caudal afluente de la corriente gaseosa de producción de energía contaminada con H_2S . En (14), se miden la temperatura y el contenido de H_2S en el flujo de salida de la corriente gaseosa de producción de energía agotada en H_2S . Como se indica por las flechas de puntos (B) de la figura 1, estas mediciones se envían a un controlador (3). Mediante la supervisión del contenido de H_2S en la corriente gaseosa de producción de energía contaminada con H_2S presente en el estado operativo del sistema de biofiltro en el orificio de entrada del biofiltro (6), el controlador (3) es capaz de calcular la demanda nutricional de los microorganismos de la biopelícula, y ajustar la relación de dosificación nutricional de una fuente de carbono, una fuente de nitrógeno y una fuente de fósforo de la solución nutritiva que es igual a 100:10:1. Mediante la medición del contenido de H_2S en el orificio de salida del biofiltro (6), la relación de dosificación nutricional puede ajustarse aún más. Como se indica en la figura 1 con las flechas de puntos (A), el controlador (3) se proporciona para controlar la bomba de gas (7) y la bomba (4) de dosificación de la solución nutritiva.

Ya que el biofiltro (6) producirá una determinada cantidad excedente de lodo, en su mayoría consiste en ácido sulfúrico a partir de la oxidación anóxica de H_2S , este lodo se elimina del biofiltro (6) como efluente (5).

Este sistema de biofiltro (10) alcanza una eficacia del 99,5 % en la eliminación de H_2S de una corriente gaseosa de producción de energía contaminada con H_2S .

REIVINDICACIONES

1. Proceso de eliminación de H₂S de una corriente gaseosa de producción de energía contaminada con H₂S que contiene metano, usando un sistema de biofiltro acuoso (10) que comprende un biofiltro (6) que tiene un material de soporte para biofiltros que constituye un lecho de biofiltro que soporta una biopelícula humidificada que tiene microorganismos que son capaces de oxidar H₂S, en donde el proceso comprende las etapas que consisten en

- la puesta en contacto de la corriente gaseosa de producción de energía contaminada con H₂S con los microorganismos de la biopelícula humidificada, y
- la oxidación por los microorganismos de al menos parte del H₂S en la corriente gaseosa de producción de energía contaminada con H₂S, lo que da como resultado una corriente gaseosa de producción de energía agotada en H₂S,

caracterizado por que el proceso comprende además la etapa de humidificación de la biopelícula por medio de la corriente gaseosa de producción de energía que ha sido pre-humidificada antes de ponerse en contacto con la biopelícula, la adición de una solución acuosa de nitrato a la corriente gaseosa de producción de energía contaminada con H₂S por medio de una boquilla de atomización adaptada para atomizar la solución nutritiva y/o de nitrato en la corriente gaseosa de producción de energía, antes de ponerse en contacto con los microorganismos, permitiendo a los microorganismos oxidar el H₂S en condiciones anóxicas, por lo que una parte de la corriente gaseosa de producción de energía agotada en H₂S se recircula, en donde la solución nutritiva y/o de nitrato se inyectan al biofiltro junto con la parte recirculada de la corriente gaseosa de producción de energía agotada en H₂S usando la boquilla de atomización.

2. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** la solución de nitrato comprende un agente quelante que está adaptado para evitar la obstrucción de agentes de precipitación inertes y otras sustancias formadas por la oxidación anóxica del H₂S por los microorganismos.

3. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 2, **caracterizado por que** para la prevención de la obstrucción de una precipitación de sulfato de calcio, el agente quelante comprende ácido etilendiaminotetraacético (EDTA).

4. Un proceso de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado por que** la solución de nitrato comprende una solución de nitrato de calcio para permitir a los microorganismos oxidar el H₂S en condiciones anóxicas.

5. Un proceso de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado por que** el proceso comprende la etapa que consiste en ajustar automáticamente la dosificación de la solución nutritiva añadida a la corriente gaseosa de producción de energía contaminada con H₂S en relación con el contenido de H₂S en la corriente gaseosa de producción de energía contaminada con H₂S en un orificio de entrada del sistema de biofiltro (10).

6. Sistema de biofiltro acuoso (10) dispuesto para eliminar H₂S de una corriente gaseosa de producción de energía que contiene metano, el sistema de biofiltro acuoso (10) comprende un biofiltro (6) que tiene un material de soporte para biofiltros que constituye un lecho de biofiltro y soporta una biopelícula que tiene microorganismos capaces de oxidar H₂S, estando dispuesta la biopelícula para ponerse en contacto con la corriente gaseosa de producción de energía contaminada con H₂S (1) y estando dispuestos los microorganismos para eliminar al menos parte del H₂S de la corriente gaseosa de producción de energía contaminada con H₂S (1), dando como resultado una corriente gaseosa de producción de energía (2) agotada en H₂S, **caracterizado por que** el sistema de biofiltro acuoso (10) comprende medios (4, 8) para añadir una solución acuosa de nitrato a la corriente gaseosa de producción de energía contaminada con H₂S (9) antes de ponerse en contacto con la biopelícula, de modo tal que la biopelícula se humidifica por medio de la corriente gaseosa de producción de energía que ha sido pre-humidificada antes de ponerse en contacto con la biopelícula, permitiendo a los microorganismos oxidar el H₂S en condiciones anóxicas, y en donde los medios (4, 8) de adición de una solución acuosa nutritiva y/o nitrato a la corriente gaseosa de producción de energía contaminada con H₂S (1) comprenden una boquilla de atomización adaptada para atomizar la solución nutritiva y/o de nitrato en la corriente gaseosa de producción de energía contaminada con H₂S, por lo cual una parte de la corriente gaseosa de producción de energía agotada en H₂S se recircula y se inyecta en el biofiltro, junto con la solución nutritiva y/o de nitrato, usando la boquilla de atomización.

7. Sistema de biofiltro acuoso (10) de acuerdo con la reivindicación 6, **caracterizado por que** el sistema de biofiltro (10) comprende un controlador (3) que está dispuesto

- para medir el contenido de H₂S en la corriente gaseosa de producción de energía contaminada con H₂S (1) presente en el estado operativo del sistema de biofiltro (10) en el orificio de entrada del biofiltro (6),
- para calcular la demanda nutricional de los microorganismos, y
- para ajustar la relación de dosificación nutricional de una fuente de carbono, una fuente de nitrógeno y una fuente de fósforo de la solución nutritiva que es igual a 100:10:1.

8. Sistema de biofiltro acuoso (10) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 6 a 7, **caracterizado por que** el controlador (3) está dispuesto para adaptar simultáneamente la dosificación de la fuente de nitrógeno y de la fuente de fósforo en la solución nutritiva.
- 5 9. Sistema de biofiltro acuoso (10) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8, **caracterizado por que** el controlador (3) está dispuesto para adaptar por separado la dosificación de la fuente de nitrógeno y de la fuente de fósforo en la solución nutritiva.
- 10 10. Uso de un sistema de biofiltro acuoso (10) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 6 a 9, para eliminar H₂S de una corriente gaseosa de producción de energía contaminada con H₂S que contiene metano.

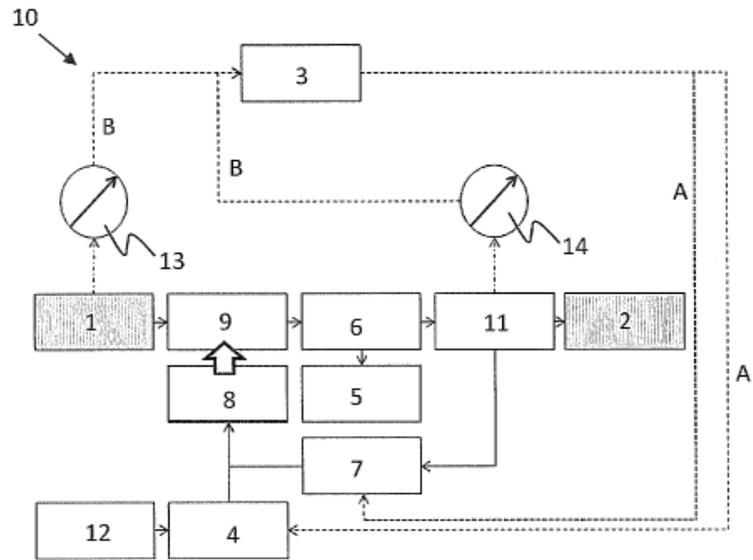


FIG. 1